meine Theorie am Himmel richtig, und auf Erden unrichtig wäre. Das wird dem Experiment kaum Jemand glauben, denn die Wissenschaft soll wahr, wenn auch nicht beliebt sein im Himmel und auf Erden.

Über die Kohlensäure des Blutes und ihre Ausscheidung mittelst der Lunge.

Von **Dr. A. Schöffer** aus Moskau.

(Vorgelegt in der Sitzung am 14. Juni durch d. w. M. K. Ludwig.)

(Mit einer Tafel.)

Die schönen Arbeiten der letzten Jahre über Gase des Blutes, ihre Absorption durch das Blut und den Gasaustausch in den Lungen haben die Athmungstheorie gefördert, aber natürlich nicht zum Abschluss gebracht. Vor allem dunkel ist die Abscheidung der Kohlensäure. Wie bekannt hatte Lothar Meyer nur einen geringen Theil der im Blute enthaltenen Kohlensäure durch Erwärmen in dem luftleeren Raume übertreiben können, während der übrige Theil von ihm als nur durch Säuren ausscheidbar betrachtet wurde. Setschenow hatte darauf bewiesen, dass dieses nur vom Verhältniss des luftleeren Raumes zur angewandten Blutquantität abhängt, und dass, wenn man ein genügend grosses Vacuum verwendet und dasselbe mehrere Male erneut, man zu ganz entgegengesetzten Resultaten kommt: es bleibt nämlich im Blute nur ein geringer Antheil Kohlensäure zurück, der nur durch Säuren aus demselben zu entfernen ist. Wollte man nun aber der ganzen Quantität von Kohlensäure, welche Setschenow durch physikalische Mittel erhielt, eine identische Rolle beim Gasaustausch in den Lungen zuschreiben, so würde diese Annahme nach den dermal bekannten Thatsachen nicht ganz gerechtfertigt sein. Nach den Absorptionsversuchen von Lothar Meyer und Fernet zerfällt nämlich die ganze Quantität von Kohlensäure in zwei Antheile, in einen, welcher einfach diffundirt, und in einen andern, welcher vom Drucke unabhängig von einer, wenn auch schwachen chemischen Attraction im Blute zurückgehalten wird. Diese Attraction konnte man nur den kohlensauren und phosphorsauren Alkalien zuschreiben. Beide Salze können Kohlensäure binden, doch zeichnen sich diese Verbindungen dadurch aus, dass sie nur schwer durch physikalische

Mittel zersetzt werden, und dass schon ein sehr geringer Gehalt an Kohlensäure der umgebenden Atmosphäre genügt, um die Abdunstung derselben aus der Salzlösung zu verhindern. Bei dem relativ grossen Kohlensäuregehalte der normalen Lungenluft würden diese Verbindungen also gar keine Rolle in dem Gasaustausch spielen können. Zu einem Antheil an denselben würde sie erst dann zuzulassen sein, nachdem nachgewiesen worden, dass dem Organismus respective den Lungen Mittel zu Gebote stünden, um einen Theil der gebundenen Kohlensäure in Freiheit zu setzen und dadurch die Spannung derselben in der Lunge zu vergrössern. Diese Annahme schien viel für sich zu haben. Sie erklärt viele Thatsachen, welche ohne dieselbe nur eine gezwungene Deutung zulassen. Wenn man die Arbeit von Lothar Meyer liest, so kann man sich des Gedankens nicht entschlagen, dass er durch seine Methode wahrscheinlich doch alle diffundirte Kohlensäure erhalten: es waren nämlich alle Momente da, um eine vollständige Gewinnung zu erzielen. Dies wird noch wahrscheinlicher, wenn man bedenkt, dass er selbst bei einer neuen Vorlage keine Gase mehr gewinnen konnte [1]).

Der Gehalt des Blutes an freier Kohlensäure würde also zwischen 4·0 — 4·5 Procente schwanken. Zu einer ähnlichen Annahme führt auch eine Untersuchung von Planer über die Gase des Harnes, er fand im sauren Harn zwischen 3—4 Procent Kohlensäure, also noch etwas weniger als Lothar Meyer im Blute. — Die Absorptions-Coëfficienten des Harnes und des Blutes sind nun allerdings noch mangelhaft bestimmt, doch scheinen sie nicht viel von denen des Wassers abzuweichen und da der Harn, aus der Blutflüssigkeit abgesondert, lange Zeit in der Blase verweilt, so kann man wohl annehmen, dass sich die Gase in den beiden Flüssigkeiten ausgeglichen hätten.

Wenn man aber den Gehalt des Blutes an freier Kohlensäure zwischen 3·0 und 4·5 Procent annimmt, so fällt der grosse Kohlen-

[1]) Es könnte auffallen, wie er gar kein Gas mehr gewann, und da er keine Dimensionen seines Apparates ergibt, so ist es schwer eine Deutung zu finden; doch scheint mir noch am einfachsten Folgendes anzunehmen. Wenn man seine Zeichnung zum Grunde der Rechnung annimmt, so musste er beim zweiten Kochen von einem $^1/_2$ bis zu 1 C. Cm. Kohlensäure gefunden haben. Doch war zugleich in die Vorlage etwas Wasser (mit Salzen) gerathen und beim Abkühlen konnte dasselbe wohl so viel absorbiren, dass er das Übriggebliebene als unmessbar betrachten konnte.

säuregehalt der Lungenluft auf: bekanntlich hatte Becher denselben beim Menschen bis auf 8·5 Procent und W. Müller und Setschenow bei erstickten Thieren bis auf 14 und 15° steigen sehen. Bei einem viel geringeren Gehalt des Blutes lässt sich dieses entweder durch einen unverhältnissmässig kleinen Absorptions-Coëfficienten des Blutes (bei der Temperatur von 40°) erklären oder man muss ein Moment in der Lunge annehmen, welches plötzlich die Spannung der Kohlensäure zu erhöhen im Stande ist. Auf jeden Fall schien mir die Sache von grossem Interesse und wohl werth einer näheren Untersuchung. Bei der Schwierigkeit des Gegenstandes und der kurzen Zeit, die mir zu Gebote stand, konnte ich nicht hoffen die Frage gänzlich zu erschöpfen und bitte auch die folgende Abhandlung nur als einen Beitrag zur Lösung derselben zu betrachten. Die Arbeit besteht aus mehreren Versuchsreihen und jede derselben könnte als eine völlig unabhängige betrachtet werden. Sie sind auf den Rath des Herrn Prof. K. Ludwig in dessen Laboratorium ausgeführt worden.

I.

Vor allem sollten die Angaben von Planer geprüft und gesehen werden, ob sie auch bei Hundeharn sich als geltend zeigen würden. Zugleich wurde Blut von demselben Thiere genommen, die Gase desselben gesammelt und das Verhältniss der Kohlensäure zu dem in demselben enthaltenen $2NaO$, HO, PO_5 näher geprüft. Es wurde nur auf das phosphorsaure Natron Rücksicht genommen, da die Untersuchung von Setschenow zur Genüge dargethan hat, dass kohlensaure Alkalien nur in Spuren im Blute enthalten seien. Die Methode bei dieser Untersuchung war folgende: Grossen weiblichen Thieren wurde Tags zuvor der Harn aus der Blase entleert und die Thiere 24 Stunden ohne Futter gelassen (um den Einfluss der Nahrung, welcher nach Becher auf die Kohlensäurespannung so bedeutend ist, zu eliminiren), darauf wurde der Harn durch einen Katheter über Quecksilber aufgefangen und zugleich auch Blut gewonnen, entweder aus dem Harn oder der Arterie; freilich war es nicht dasselbe Blut, aus welchem der Harn abgeschieden, oder mit welchem derselbe sich ausgeglichen hatte, doch konnte unmöglich ein grosser Unterschied zwischen diesem und dem harngebenden Blute bestehen.

Zur Gewinnung der Gase wurde derselbe Apparat, welchen Setschenow beschrieben, verwendet, doch unterlag er im Laufe der Untersuchung einigen Verbesserungen, die manche nicht unwesentliche Vortheile gewährten (siehe Fig. 1). Die Röhren, welche früher das Vacuum bildeten, worin das Blut ausgekocht wurde, ersetzte man durch Ellipsoide (*A*, *B*), dadurch konnte der Apparat, ohne das Vacuum zu verringern, viel niedriger gemacht werden. Auf einen andern Vortheil dieser Kugeln werde ich später zurückkommen. Die zweite Veränderung war folgende: früher wurde die untere Röhre, woran das Blutgefäss gebunden wurde, in eine metallene Fassung eingekittet und diese erst in das krumme Verbindungsrohr eingeschraubt und ebenfalls verkittet. Indem man der Fassung eine andere Form gab, richtete man den Apparat so ein, dass die Kugel mit ihrem Halse nur auf dem Metallstücke aufsass; die Verbindung wurde durch einen dicken Kautschukschlauch hergestellt; die Metallröhre konnte lange Zeit unverändert bleiben und es wurden nur die Kugeln bei jedem Versuche gewechselt, dadurch wurde es möglich mehrere Auspumpungen an einem Tage vorzunehmen.

Zu den Gas-Analysen wurde der von W. Müller beschriebene Apparat benützt, woraus sich die Columne Wasserdruck in den späteren Analysen erklärt. Zur Phosphorsäurebestimmung wurde immer das Blut, aus welchem man die Gase gewonnen, verwendet. Nachdem das Auspumpen beendigt, liess man so viel als möglich das Blut in das Gefäss zurücklaufen, schüttelte es noch einmal um und brachte es in eine bereitgehaltene graduirte Bürette, aus welcher man dann ein ganz bestimmtes Volum in eine Platinschale abfliessen liess. Dieses Blut hatte freilich nicht ganz die frühere Zusammensetzung, erstens blieb das Fibrin mit dem Quecksilber zu einem Magma vereinigt zurück und zweitens hatte das Blut auch einen Theil seines Wassers eingebüsst, doch betrug diese verdunstete Quantität einen sehr geringen Antheil der verwendeten Blutmenge, kaum 1 bis 2 Procent, und diese ist man wohl berechtigt zu vernachlässigen. Auf die Aschenbereitung wurde eine ganz besondere Sorgfalt verwendet: das Blut wurde unter öfterem Umrühren in der Platinschale auf dem Wasserbade zum Trocknen eingedampft und dann über einer kleinen Flamme so lange verkohlt, als sich noch empyreumatische Dämpfe entwickelten. Dabei stieg die Hitze niemals bis zu einer Höhe, wobei man einen Verlust an fixen Bestandtheilen befürchten

konnte. Von der porösen Kohle wurde so viel als möglich in ein langes Platinschiffchen gebracht (was zu sehr an den Wänden der Schale hing, wurde für sich verascht und nachher der übrigen Quantität zugefügt). Die Verbrennung des Schiffcheninhaltes geschah innerhalb eines Rohres, wie es bei der Elementaranalyse verwendet wird, im Sauerstoffstrome. Der ausgezogene Theil des Rohres war abgebrochen, nach unten gebogen und die Spitzen desselben unter Wasser getaucht. Nach der Verbrennung wurde das ganze Rohr mit verdünnter Salzsäure ausgespült. Auf diese Art konnte unmöglich etwas verloren gehen.

Der Gang bei der Analyse war folgender: die Asche in Salzsäure gelöst, der Überschuss der Säure durch Abdampfen entfernt, mit kohlensaurem Natron fast gesättigt, essigsaures Ammon in geringen Überschuss zugesetzt, durch Erwärmen das Fe_2O_3, PO_5, gefällt abfiltrirt, der Kalk durch oxalsaures Ammoniak gefällt und im Rückstande die übrige Phosphorsäure durch Magnesiasalz bestimmt. Dadurch erhält man die ganze Phosphorsäure. Ein Theil derselben wurde als an Kalk gebunden (nach der Formel $3CaO\,PO_5$) abgezogen und die übrige Phosphorsäure musste, wenn die Hypothese von Fernet richtig war, zwei Atomen Kohlensäure entsprechen.

1. Versuch.

Blut aus der *Vena jugularis* 45·93 CC.; Harn 90·07 CC. Der Harn sauer vor und nach dem Auspumpen.

	Volum	*Hg* Druck	W. Druck	Temp.	V. bei 0° u. 1 M.D.
Die Gesammtmenge der Gase des Blutes	22·96	709·4	450	17	15·50
Nach Absorption der CO_2 durch Kali	8·37	667·8	450	17·5	5·51

Auf 100 V. Blut kommt also 32·70 CC. Gase, davon 21·32 Kohlensäure.

	Volum	*Hg* Druck	W. Druck	Temp.	V. bei 0° u. 1 M. D.
Die Gase des Harns	5·33	676·5	450	18·5	3·33

Ein Theil der Gase wurde in eine feine Messglocke übergefüllt.

	Volum	*Hg* Druck	W. Druck	Temp.	V. bei 0° u. 1 M. D.
Anfangsvolum	2·74	613·5	450	17	1·65
Nach Kali	0·75	539·7	450	17·5	0·40

Der Harn enthielt also auf 100 V. 3·69 CC. Gase, davon 2·77 Kohlensäure.

Auf 100 Theile Blut wurde im Ganzen 0·096 PO_5 gefunden, von CaO gebunden 0·019 und die übrigen 0·077 PO_5 würden 23·90 CC. Kohlensäure entsprechen.

2. Versuch.

Blut aus der *Vena jugularis* 57·45 CC.

	Volum	*Hg* Druck	W. Druck	Temp.	V. bei 0° u. 1 M. D.
Gesammtmenge der Gase des Blutes	35·42	694·4	450	17·7	23·69

Ein Theil des Gases wurde übergeführt.

	Volum	*Hg* Druck	W. Druck	Temp.	V. bei 0° u. 1 M. D.
Anfangsvolum	29·54	704·7	450	17·7	20·05
Nach Kali	8·85	580	450	17·5	5·10

Also auf 100 V. Blut 41·23 Gase, davon 30·73 Kohlensäure.

Der Harn war vor und nach dem Auspumpen sauer = 98·70 CC.

	Volum	*Hg* Druck	W. Druck	Temp.	V. bei 0° u. 1 M. D.
Gesammtmenge der Gase	10·30	631·9	450	17·7	6·68

Ein Theil wurde in eine feine Glocke übergeführt.

	Volum	*Hg* Druck	W. Druck	Temp.	V. bei 0° u. 1 M. D.
Anfangsvolum	9·64	657·2	450	17·7	6·20
Nach Kali	1·37	634	450	17·5	0·857

Auf 100 V. Harn 6·77 Gase, davon 5·82 Kohlensäure.

Vom Blute wurden 43·90 CC. zur Bestimmung der PO_5 genommen. Auf 100 V. Blut wurde im Ganzen 0·104 PO_5 gefunden; von CaO gebunden 0·009; die übrigen 0·095 würden 30·01 CC. Kohlensäure entsprechen.

3. Versuch.

Blut aus der *Vena jugularis* 63·04 CC.

	Volum	*Hg* Druck	W. Druck	Temp.	V. bei 0° u. 1 M. D.
Gesammte Gasmenge	36·02	719·8	380	16·5	24·93
Nach Kali	7·47	627	380	14·7	4·64

Auf 100 V. Blut 39·54 Gase, davon 32·14 Kohlensäure.

Harn vor dem Auspumpen schwach sauer, nach dem Auspumpen alkalisch, 102·14.

	Volum	*Hg* Druck	W. Druck	Temp.	V. bei 0° u. 1 M. D.
Auspumpbare Gase	50·24	720·8	380	16·5	34·81
Nach Kali	2·83	440·5	380	14·7	1·22

Nachher mit verdünnter Säure versetzt gab der Harn noch Gase, die sich als reine Kohlensäure erwiesen.

	Volum	*Hg* Druck	W. Druck	Temp.	V. bei 0° u. 1 M. D.
Gebundene Kohlensäure	9·15	644·5	380	16·5	5·45

Also enthielten 100 V. Harn 34·08 CC. freie Gase, davon 32·88 Kohlensäure und ausserdem 5·33 gebundene Kohlensäure.

Vom Blute wurden 42·50 CC. genommen und darin die PO_5 bestimmt.

100 V. Blut enthielten 0·108 PO_5, davon wurden 0·009 von CaO gebunden; die übrigen 0·99 entsprechen 31·18 CC. Kohlensäure.

Der Harn wurde auch auf PO_5 (nur die, welche an Alkalien gebunden) untersucht, und man fand in 100 V. alkalisch gemachten Harn 0·616 $2MgOPO_5$, die darin enthaltenen PO_5 würden 124·10 CC. Kohlensäure entsprechen.

4. Versuch.

Blut aus der *Vena jugularis* 60·24 CC.

	Volum	*Hg* Druck	W. Druck	Temp.	V. bei 0° u. 1 M. D.
Gesammtmenge der Blutgase . . .	40·84	718·5	370	15·7	28·28
Nach Kali	14·62	696·5	387	15·7	9·88

Auf 100 V. Blut 46·94 Gase, davon 30·54 Kohlensäure.

Harn vor und nach dem Auspumpen sauer, 99·12 CC.

	Volum	*Hg* Druck	W. Druck	Temp.	V. bei 0° u. 1 M. D.
Gesammtmenge	6·98	587·3	370	15·7	3·98

Ein Theil davon übergefüllt.

	Volum	*Hg* Druck	W. Druck	Temp.	V. bei 0° u. 1 M. D.
Anfangsvolum	3·93	659·5	370	16·5	2·50
Nach Kali	0·692	576·5	387	15·7	0·395

Auf 100 V. Harn 4·01 Gase, davon 3·46 Kohlensäure.

Blut zur Aschenanalyse 43 CC. genommen.

Auf 100 V. Blut 0·113 PO_5; von CaO würden 0·01 gebunden, die übrigen 0·103 würden 32·45 CC. Kohlensäure entsprechen.

5. Versuch.

Blut aus der *Arteria carotis* 58·94 CC.

	Volum	*Hg* Druck	W. Druck	Temp.	V. bei 0° u. 1 M. D.
Gesammtmenge der freien Gase des Blutes	33·45	720·2	363	16·8	23·09
Nach Kali	12·66	591·5	363	17·5	7·35

Zum Blute wurden 50 CC. verdünnte Säure zugesetzt.

	Volum	*Hg* Druck	W. Druck	Temp.	V. bei 0° u. 1 M. D.
Die gebundene Kohlensäure mit Luft versetzt	6·17	615·9	363	16·8	3·65
Nach Kali	5·38	596·2	363	17·5	3·15

100 V. Blut enthalten 39·17 auspumpbare Gase, davon 26·70 Kohlensäure. Ausserdem 0·33 CC. gebundene Kohlensäure.

Harn sauer vor und nach dem Auspumpen, 105·39 CC.

	Volum	*Hg* Druck	W. Druck	Temp.	V. bei 0° u. 1 M. D.
Gesammtmenge der Gase des Harns	7·90	612·6	363	16·8	4·65
Nach Kali	1·924	576·8	363	17·5	0·885

100 V. Harn enthalten 4·41 Gase, davon 3·57 Kohlensäure.

Von dem mit Säure versetzten Blute wurden 72 CC. genommen (also 33·95 CC. Blut). Aus der Analyse ergab sich, dass 100 V. Blut 0·091 PO_5 enthielten, wovon 0·009 an Kalk gebunden, die übrigen 0·082 würden 25·83 CC. Kohlensäure entsprechen.

6. Versuch.

Hier führe ich noch einen Versuch an, bei welchem die Aschenanalyse nicht gemacht wurde, sondern nur die Gase des Blutes und des Harns, so wie die Exspirationsluft auf ihren Gehalt an Kohlensäure geprüft wurden. Das Blut wurde aus der *Arteria carotis* genommen. Um die Exspirationsluft zu gewinnen, wurde die Tracheatomie gemacht, eine starke Glascanüle eingebunden und dieselbe mit dem von W. Müller beschriebenen Ventile in Verbindung gesetzt. Es wurden mehrere Antheile Luft mit aller Vorsicht über Quecksilber aufgefangen und zwar gewöhnlich einer zu Anfang und ein anderer zu Ende der Exspiration, wobei auf den Thorax eine Compression ausgeübt wurde. Die Zahl der Athemzüge in der Minute war 13.

Blut aus der *Arteria carotis* 58·77 CC.

	Volum	*Hg* Druck	W. Druck	Temp.	V. bei 0° u. 1 M. D.
Gesammtmenge der freien Gase des Blutes	36·96	709·5	447	14·4	25·63
Nach Scali	15·39	632	426	14·9	9·67

Auf 100 V. arterielles Blut 43·60 Gase, davon 25·45 Kohlensäure.

Der Harn vor und nach dem Auspumpen sauer, 102·67 CC.

	Volum	*Hg* Druck	W. Druck	Temp.	V. bei 0° u. 1 M. D.
Die Gase des Harns	5·86	604·6	447	14·4	3·48

Da die Gasmenge zu gering war, so setzte man noch Luft hinzu.

	Volum	*Hg* Druck	W. Druck	Temp.	V. bei 0° u. 1 M. D.
Die Gase des Harns nach Luftzusatz	14·17	644·2	437	15·1	8·91
Nach Kali	9·49	669	426	14·9	6·30

Auf 100 V. Harn 3·31 Gase, davon 2·48 Kohlensäure.

Die Analyse der Exspirationsluft gebe ich nicht in toto wieder, sondern nur die Resultate.

Auf 100 V. Luft = 4·23 } zu einer Exspiration
„ 100 „ „ = 7·36 }
„ 100 „ „ = 4·19 }
„ 100 „ „ = 5·47 } „ „ „
„ 100 „ „ = 5·70 }
„ 100 „ „ = 6·88 } „ „ „
„ 100 „ „ = 9·01 }

Der folgende zweite Versuch gehört eigentlich zu einer anderen Versuchsreihe und er wird auch an seinem Orte näher beschrieben werden; hier führe ich nur die Phosphorsäurebestimmung, so wie den Gehalt des Blutes an Kohlensäure an.

7. Versuch.

Das Venenblut wurde aus dem rechten Herzen, das Arterienblut aus der *Arteria carotis* genommen.

100 V. venöses Blut enthielten 43·06 auspumpbare Gase, davon 33·05 Kohlensäure; ausserdem 3·05 gebundene Kohlensäure; Phosphorsäure = 0·0987, davon an Kalk gebunden 0·011; die übrigen 0·0877 würden 27·62 Kohlensäure entsprechen.

100 V. arterielles Blut enthielten auspumpbare Gase 50·65, davon 31·65 Kohlensäure. Gebundene Kohlensäure in Spuren. Phosphorsäure = 0·093, davon 0·010 an Kalk gebunden; die übrigen 0·088 würden 27·72 CC. Kohlensäure entsprechen.

8. Versuch.

Es wurden Harn, venöses Blut aus dem Herzen und arterielles aus der Carotis genommen. Der Harn war sauer vor und nach dem Auspumpen.

100 V. venöses Blut enthielten: auspumpbare Gase 41·62, davon 27·83 Kohlensäure. Phosphorsäure = 0·107, davon an Kalk 0·010 gebunden; die übrigen 0·097 würden 30·57 Kohlensäure entsprechen.

100 V. arterielles Blut enthielten: 42·92 auspumpbare Gase, davon 26·44 CC. Kohlensäure. Phosphorsäure = 0·119, davon an Kalk gebunden 0·010; die übrigen 0·109 würden 34·07 Kohlensäure entsprechen.

	Volum	*Hg* Druck	W. Druck	Temp.	V. bei 0° u. 1 M. D.
Die Gase des Harns	11·96	581	500	19·5	6·70
Nach Kali	3·64	546·3	480	18·8	2·01

Auf 100 V. Harn 6·61 Gase, davon 4·63 Kohlensäure.

Aus diesen Beobachtungen ergibt sich:

1. Die Angaben von Planer sind auch für den Hund begründet, so dass der Harn wirklich nur sehr wenig Kohlensäure enthält, vorausgesetzt, dass er auch nach dem Auspumpen sauer reagirt. Der Harn, welchen Planer beobachtete, reagirte wahrscheinlich nach dem Auskochen neutral oder basisch, denn sonst lässt sich nicht begreifen, wie er Kohlensäure aus saurem Harn durch Säuren bekommen konnte. Zur Übersicht meiner Versuche gebe ich die nachstehende Tabelle:

100 Volume Harn.	Gesammtmenge der Gase	Freie Kohlensäure	Gebundene CO_2
1. Versuch Harn sauer	3·69	2·77	—
2. „ „ „	6·77	5·82	—
3. „ „ alkalisch	34·08	32·88	5·33
4. „ „ sauer	4·01	3·46	—
5. „ „ „	4·41	3·57	—
6. „ „ „	6·61	4·63	—
7. „ „ „	3·31	2·48	—

Wenn der Harn sauer reagirt, so schwankt also die Kohlensäuremenge zwischen 2·77 und 5·82 Proc., im Mittel 3·79 Proc.

2. Es ist gar kein Verhältniss zwischen der auspumpbaren Kohlensäure des Blutes und der Kohlensäure im Harn. Man ersieht es aus folgender Tabelle:

	Blut	Harn
Nr. 1	21·32	2·77
„ 2	30·73	5·82
„ 3	32·14	38·11
„ 4	30·54	3·46

	Blut	Harn
Nr 5	26·70	3·57
„ 6	25·45	2·48
„ 7	27·83	4·63
	26·44	

3. Die Beziehung zwischen dem Gehalt des Blutes an Phosphorsäure und der auspumpbaren Kohlensäure scheint dagegen eine innigere. Im Allgemeinen wächst die Kohlensäuremenge mit der Zunahme an Phosphorsäure; doch sieht man sogleich, dass die Annahme von Fernet, als würde von jedem Atom $2NaO, HO, PO_5$, also für jedes Atom Phosphorsäure zwei Atome Kohlensäure gebunden, für das Blut des Hundes sich nicht rechtfertigt; denn meistentheils würde das Salz dazu so viel Kohlensäure verlangen, dass die wirklich vorhandene Menge der letzteren gar nicht genügen würde; ausserdem muss ja noch eine Quantität an $NaOCO_2$ gebunden und eine andere auch noch als diffundirt angenommen werden. Um mit dem von Fernet hingestellten chemischen Princip in Einklang zu bleiben, muss man die Annahme machen, dass der Phosphor auch in anderer Form denn als Phosphorsäure enthalten sei (wohl kaum eine nennenswerthe Quantität), oder dass auch andere Körper, vielleicht Eiweiss-Substanzen oder Harnsäure die Stelle der Kohlensäure vertreten, das heisst mit phosphorsaurem Natron in Verbindung treten können.

Es ist wohl höchst wahrscheinlich, dass der grösste Theil der Kohlensäure durch das phosphorsaure Natron gebunden wird; nur ein geringer wird als diffundirt im Blute enthalten sein.

Leider ist der Partiardruck, unter dem die Kohlensäure im Harne steht, für die Temperatur des Körpers gar nicht anzugeben, weil der Absorptions-Coëfficient des Harnes, der die normale Blutwärme besitzt, nicht bekannt ist. Denn wenn man selbst dem Harne und dem Wasser gleiche Fassungskraft für Gase ertheilen wollte, so würde

dieses noch immer nichts helfen, da auch der Absorptions-Coëfficient des Wassers zwischen 35·5 bis zu 40° C. unbekannt ist und sich aus der Formel von Bunsen auch nicht ableiten lässt.

Wegen Mangel an einem Bunsen'schen Absorptionsmeter konnte ich die Bestimmung des Absorptions-Coëfficienten nicht machen und es frägt sich überhaupt, ob man bei einer so hohen Temperatur leicht zu richtigen Resultaten kommen würde.

Hier folgt die Tabelle:

	PO_5menge	Gefundene Kohlensäure-menge	Die Kohlen-säuremenge, welche nach Fernet nöthig wäre
Venöses Blut Nr. 1	0·08	21·32	23·90
„ „ „ 2	0·095	30·73	30·01
„ „ „ 3	0·099	32·14	31·18
„ „ „ 4	0·103	30·54	32·45
„ „ „ 7	0·088	33·05	27·72
„ „ „ 9	0·097	27·83	30·57
Arterielles „ „ 5	0·082	26·70	25·83
„ „ „ 6	0·088	31·65	27·72
„ „ „ 8	0·109	26·44	34·07

II.

Um dem Processe in den Lungen näher zu kommen, wurde eine andere Versuchsreihe angestellt. Ich hatte nämlich bei meinen Versuchen immer mehr gebundene Kohlensäure im venösen Blute als im arteriellen gefunden, doch da das Blut nicht aus einem Thiere genommen und da das Verhältniss des Cruors zum Serum ein verschiedenes sein konnte, so war dieses Resultat nicht als ein gesichertes anzunehmen. Es war von höchstem Interesse diese Thatsache mit Berücksichtigung aller möglichen Cautelen zu prüfen; stellte sich auch dennoch das oben erwähnte Verhältniss als constant heraus, so war das ein zwar indirecter aber um nichts weniger schlagender Beweis, dass die Annahme einer besonderen Einwirkung der Lunge auf die Kohlensäureverbindungen im Blute eine richtige sei. Der Versuch wurde auf folgende Art gemacht. Es wurde bei einem und demselben Thiere so viel als möglich gleichzeitig Blut aus dem

rechten Herzen und der *Arteria carotis* über Quecksilber aufgefangen. Das venöse Blut wurde aus mehreren Gründen aus dem Herzen genommen: erstens bekam man auf solche Weise im gewissen Sinne ein mittleres venöses mit Lymphe gemischtes Blut und dann liegt auf der Bahn zwischen dem rechten Herzen und der Carotis als Veränderungsmittel des Blutes nur die Lunge. Doch um das Verhältniss des Cruors zum Plasma genauer zu kennen, wurden immer von beiden Blutarten eine abgemessene Quantität genommen und davon die Färbekraft nach der Methode von Welker bestimmt. Wurde eine Aschenanalyse gemacht, so berücksichtigte man auch den Gehalt an Eisen.

Das Auffangen des Blutes aus dem rechten Herzen ist nicht auf gewöhnlichem Wege zu erzielen, da wie bekannt das Blut in demselben unter negativem Drucke steht und darum durch eine eingeführte Canüle nicht nach aussen abfliesst. Es wurde desshalb durch die *Vena jugularis* ein gerades Katheter in's Herz eingeführt. Am freien Ende ist ein Kautschukschlauch angebunden und dieser steht durch ein Glasrohr (um etwa vorhandene Luftblasen sehen zu können) mit einem zweiten Schlauche in Verbindung; an diesen letzteren setzt man eine gut ziehende Spritze und entfernt dadurch die im Katheter befindliche Luft; die Spritze muss mehrere Mal angesetzt werden; zuletzt legt man eine Klemme an den Schlauch und bringt ihn in die Quecksilberwanne und entfernt durch Druck die über der Klemme sitzende Luft.

In der Wanne steht schon das mit Quecksilber gefüllte Gefäss zum Auffangen des Blutes (siehe Fig. 1, *b*); an dem Halse desselben ist ein Kautschukschlauch befestigt und es steckt in der Öffnung desselben ein Kautschukpfropf mit zwei Glasröhrchen; die eine verbindet man mit dem aus dem Herzen kommenden Schlauche und die andere mit einem mit Quecksilber gefüllten senkrecht nach unten laufenden Rohr, welches in eine Schale mit Quecksilber taucht; das Rohr ist mit einer Klemme geschlossen; öffnet man dieselbe, und ebenso die Klemme, welche am Schlauche liegt, der aus dem Herzen kommt, so entsteht ein starker Zug und das Blut steigt in das Gefäss.

Dieses Verfahren, welches sich in der Beschreibung sehr einfach ausnimmt, hat in der Ausführung darum Schwierigkeiten, weil das Venenblut leicht gerinnt und sich in der langen Röhre leicht noch eine Luftblase verbirgt, die erst durch einen rascheren Strom in den Recipienten übergeführt wird. Ist dieses geschehen,

und die nothwendige rasche Arbeit lässt es leider nicht immer vermeiden, so muss man eine neue Portion Blut auffangen; aus diesem Grunde stellte ich mir immer noch einen zweiten kalibrirten Recipienten zur Hand. Der geringe N-gehalt, den die analysirten Gasmengen darbieten, beweist, dass diese Schwierigkeit überwunden wurde. Auffallend ist in dieser Beziehung nur der erste der folgenden Versuche. Da aber hier das arterielle Blut noch N-reicher als das venöse ist, da das Auffangen des arteriellen ganz ohne alle Schwierigkeiten geschehen kann, und da auch keine Luftblasen in den beiden Röhren bemerkt wurden, so muss hier das Blut selbst sehr reich an N gewesen sein.

Die beiden gleichzeitig aufgefangenen Blutarten konnten natürlich nicht gleichzeitig ausgepumpt werden, sondern es konnte der zweite Blutbehälter erst mehrere Stunden nach dem ersten mit dem Apparat verbunden werden. Um die Veränderungen des aus der Ader gelassenen Blutes zu vermeiden, wurde desshalb das später auszukochende Blut in Eis gestellt. Meist wurde zuerst das arterielle, einige Male aber auch zuerst das venöse Blut gasfrei gemacht.

Auf die Bestimmung der gebundenen Kohlensäure wurde eine besondere Sorgfalt verwendet, und ehe man die Säure zusetzte, so lange gepumpt, bis gar kein Gas mehr gewonnen werden konnte.

Für die Bestimmung der gebundenen CO_2 selbst war die neue Form der Gefässe für den leeren Raum aus zwei Gründen günstig; man konnte mittelst derselben das abgeschiedene Gas ohne die geringste Verunreinigung mit Blut bis zum letzten Bläschen in das Sammelrohr leiten, und man konnte auch die in die Kugeln eingedrungene Flüssigkeit fast vollkommen wieder in den Blutbehälter zurückführen. Das erstere gelingt darum, weil die Kugelgefässe Fig. (2) eine weite (*b*) und eine enge Mündung (*a*) besitzen; die letztere wird bei aufrechter Stellung des Apparates nach oben gerichtet, so dass die capillare Öffnung der Kugel *B* in Fig. 1 an das Sammelrohr grenzt. Durch diese Öffnung tauscht sich das Quecksilber gegen das Gas nur dann aus, wenn man auf den vom Sammelrohr ausgehenden Schlauch drückt, und somit hat man es in der Hand Luftbläschen um Luftbläschen emporsteigen zu lassen. — Für das vollkommene Zurückfliessen des in den Kugeln zurückgebliebenen Blutes war besonders der Umstand günstig, dass bei der horizontalen Lage des Apparates das Blutgefäss (Fig. 1, *C*) auf den höchsten Punkt zu stehen kam.

Um die Flüssigkeit aus den Kugeln in das Blutgefäss zurückzubringen, verfuhr ich folgendermassen. Nachdem das Kochen vollendet und das Blut, so weit es in der aufrechten Stellung des Apparates möglich, in das Blutgefäss zurückgetreten war, wurde das Quecksilber bis an die Verbindung *A* und *B* emporgetrieben, mit der Vorsicht, dass keine Flüssigkeit in *B* überging. Hierauf ward die Klemme zwischen *A* und *B* geschlossen, dann der Apparat horizontal gelegt und in dieser Stellung so lange fixirt, bis alle Flüssigkeit in das Blutgefäss aufgestiegen war. War dieses geschehen, so wurde der Apparat wieder aufgerichtet, die Klemme zwischen *A* und *B* geöffnet und das Quecksilber in *A* eingetrieben, jedoch nur so weit, dass es doch immer noch unter einem viel geringeren Druck als dem der Atmosphäre stand, und darauf sogleich in das Sammelrohr eingelassen. Dieses ist bei dem Auffangen der chemisch gebundenen Kohlensäure darum möglich, weil es sich hier meist um sehr geringe Gasvolumina handelt. Da die Kugel, in der das Gas zuletzt verweilte, sehr wenig Flüssigkeit enthielt, und das Gas selbst eine geringe Dichtigkeit besass, so kann der Gasverlust auch nur ein sehr geringer sein.

1. Versuch.

Die beiden Blutarten hatten fast genau dieselbe Färbekraft.

1. Arterielles Blut aus der *Arteria carotis* 61·43 CC.

	Volum	*Hg* Druck	W. Druck	Temp.	V. bei 0° u. 1 M. D.
Gesammtmenge der auspumpbaren Gase	41·66	712	424	17·5	28·52
Nach Kali	13·89	616·5	410	17	9·67

Ein Theil wurde in's Eudiometer übergefüllt.

	Volum	*Hg* Druck	W. Druck	Temp.	V. bei 0° u. 1 M. D.
Anfangsvolum	10·99	580	407	17	6·16
Nach Wasserstoffzusatz	44·49	668·5	400	16·5	28·69
Nach Verpuffung	23·28	682·7	395	16·7	15·30

Gebundene Kohlensäure:

	Volum	*Hg* Druck	W. Druck	Temp.	V. bei 0° u. 1 M. D.
Anfangsvolum nach Luftzusatz . .	33·72	710·4	424	17·5	23·03
Nach Kali	30·80	723·3	410	17	21·86

Auf 100 V. arterielles Blut: Auspumpbare Gase 46·42, davon 30·88 Kohlensäure, 11·39 Sauerstoff und 4·18 Stickstoff. Gebundene Kohlensäure 1·90.

2. Venöses Blut 59·28 CC.

	Volum	*Hg* Druck	W. Druck	Temp.	V. bei 0° u. 1 M. D.
Gesammtmenge der auspumpbaren Gase	32·39	699·8	420	16	21·94
Nach Kali	7·56	568	417	16·5	4·27

In's Eudiometer übergefüllt.

	Volum	*Hg* Druck	W. Druck	Temp.	V. bei 0° u. 1 M. D.
Anfangsvolum	7·93	556·3	407	17	4·27
Nach Wasserstoffzusatz	31·36	654	400	16·5	16·84
Nach Verpuffung	15·63	627	395	16·7	9·45

Gebundene Kohlensäure:

	Volum	*Hg* Druck	W. Druck	Temp.	V. bei 0° u. 1 M. D.
Anfangsvolum nach Luftzusatz . .	29·96	708·7	420	16	20·55
Nach Kali	25·98	674·1	417	16·5	17·29

100 V. venöses Blut enthielten: auspumpbare Gase 37·01, davon 29·32 Kohlensäure, 4·15 Sauerstoff, 3·05 Stickstoff. Gebundene Kohlensäure 5·49.

2. Versuch.

Das arterielle Blut war verhältnissmässig dunkel; zwischen der Färbekraft des arteriellen und venösen Blutes kein erheblicher

Unterschied. Der Apparat schloss nicht vollständig und es kamen einige kleine Luftblasen von aussen hinein. Darum wurde nur die Kohlensäure bestimmt.

1. Arterielles Blut 54·16 CC.

	Volum	*Hg* Druck	W. Druck	Temp.	V. bei 0° u. 1 M. D.
Gesammtmenge der auspumpbaren Gase	33·92	715·4	377	18	19·97
Nach Kali	7·04	577·4	330	16·2	4·02

Gebundene Kohlensäure:

	Volum	*Hg* Druck	W. Druck	Temp.	V. bei 0° u. 1 M. D.
Anfangsvolum nach Luftzusatz . .	26·57	666	377	18	17·00
Nach Kali	24·77	641·5	380	16·2	15·42

100 V. arterielles Blut enthielten: auspumpbare Kohlensäure 29·45: gebundene 2·92.

2. Venöses Blut 59·27 CC.

	Volum	*Hg* Druck	W. Druck	Temp.	V. bei 0° u. 1 M. D.
Gesammtmenge d. auspumpb. Gase	37·59	672·5	392	17·5	24·18

Das Gas wurde in eine andere Glocke übergeführt.

	Volum	*Hg* Druck	W. Druck	Temp.	V. bei 0° u. 1 M. D.
Anfangsvolum	33·67	714·6	390	17·5	23·04
Nach Kali	6·30	595	370	16·5	3·69

Gebundene Kohlensäure:

	Volum	*Hg* Druck	W. Druck	Temp.	V. bei 0° u. 1 M. D.
Anfangsvolum nach Luftzusatz . .	16·37	631·5	390	17·5	11·15
Nach Kali	14·59	619	370	16·5	8·89

100 V. venöses Blut enthielten: auspumpbare Kohlensäure 29·45; gebundene 2·92.

3. Versuch.

Das erste Blut aus dem Herzen ging verloren und darum konnte das Blut aus der Carotis und dem Herzen nicht gleichzeitig aufgefangen werden. Die Färbekraft des venösen Blutes war eine kaum merklich stärkere.

1. Arterielles Blut 51·80 CC.

	Volum	*Hg* Druck	W. Druck	Temp.	V. bei 0° u. 1 M. D.
Gesammtmenge d. auspumpb. Gase	36·47	719·4	517	13·7	26·24
Nach Kali	14·12	630·5	520	16·5	9·84

Gebundene Kohlensäure war nur in Spuren vorhanden.

Nach der Absorption der Kohlensäure wurde das Gas in's Eudiometer übergeführt.

	Volum	*Hg* Druck	W. Druck	Temp.	V. bei 0° u. 1 M. D.
Anfangsvolum	8·62	543·5	510	16·8	4·60
Nach Wasserstoffzusatz	44·80	716·2	503	18	30·05
Nach Verpuffung	31·27	664·5	503	18	17·19

Auf 100 V. arterielles Blut: 50·65 auspumpbare Gase, davon 31·65 Kohlensäure, 17·70 Sauerstoff, 1·25 Stickstoff, gebundene Kohlensäure in Spuren.

Von dem mit Säure versetzten arteriellen Blute wurden 56 CC. (welche 34·20 CC. Blut enthielten) zur Aschenanalyse verwendet. Es ergab sich auf 100 V. Blut 0·080 Fe_2O_3 und 0·098 PO_5.

2. Venöses Blut 60·36 CC.

	Volum	*Hg* Druck	W. Druck	Temp.	V. bei 0° u. 1 M. D.
Gesammtmenge d. auspumpb. Gase	37·38	766·2	517	13·7	26·21
Nach Kali	9·93	611·3	520	16·5	6·09

In's Eudiometer übergeführt.

	Volum	*Hg* Druck	W. Druck	Temp.	V. bei 0° u. 1 M. D.
Anfangsvolum	11·02	545·5	510	16·8	6·11
Nach Wasserstoffzusatz	51·53	713·5	503	18	35·84
Nach Verpuffung	30·96	706·5	495	18·7	19·32

Gebundene Kohlensäure:

	Volum	*Hg* Druck	W. Druck	Temp.	V. bei 0° u. 1 M. D.
Anfangsvolum nach Luftzusatz . .	15·85	653·3	517	13·7	10·25
Nach Kali	13·09	641·8	520	16·5	8·39

Auf 100 V. venöses Blut auspumpbare Gase 43·06, davon 33·05 Kohlensäure, 9·20 Sauerstoff, 1·00 Stickstoff. Gebundene Kohlensäure 3·05.

Von dem mit Säure versetzten Blute wurden zur Aschenanalyse 61 CC. (die 43·74 CC. des ursprünglichen entsprechen) verwendet. 100 V. Blut enthielten $Fe_2O_3 = 0·078$ Grm. und $PO_5 = 0·0987$.

4. Versuch.

1. Arterielles Blut 56·54 CC. (zum venösen verhielt sich seine Färbekraft wie 104 : 100).

	Volum	*Hg* Druck	W. Druck	Temp.	V. bei 0° u. 1 M. D.
Gesammtmenge d. auspumpb. Gase	36·82	689	490	20	24·27
Nach Kali	15·79	601·5	487	18·8	9·32

Ein Theil des rückständigen Gasvolums in's Eudiometer übergeführt.

	Volum	*Hg* Druck	W. Druck	Temp.	V. bei 0° u. 1 M. D.
Anfangsvolum	11·88	580·7	478	17·8	6·66
Nach Wasserstoffzusatz	43·96	687·4	475	18	29·15
Nach Verpuffung	19·18	573	472	18·3	10·82

Gebundene Kohlensäure nur in Spuren.

100 V. arterielles Blut enthalten also auspumpbare Gase = 42·92, davon 26·44 Kohlensäure, 15·24 Sauerstoff und 1·23 Stickstoff. Zur Aschenanalyse wurden 62 CC. mit Säure versetztes Blut (42·85 CC. entsprechend) verwendet und es ergab sich auf 100 V. Blut Fe_2O_3 = 0·100; PO_5 = 0·119.

2. Venöses Blut 56·87 CC.

	Volum	*Hg* Druck	W. Druck	Temp.	V. bei 0° u. 1 M. D.
Gesammtmenge der auspumpbaren Gase	34·98	705·2	500	19·5	23·67
Nach Kali	12·81	619·3	480	18·8	7·84

In's Eudiometer übergeführt.

	Volum	*Hg* Druck	W. Druck	Temp.	V. bei 0° u. 1 M. D.
Anfangsvolum	11·90	578·2	478	17·8	6·68
Nach Wasserstoffzusatz	47·78	630	475	18	29·12
Nach Verpuffung	18·56	592	472	18·3	10·63

Gebundene Kohlensäure:

	Volum	*Hg* Druck	W. Druck	Temp.	V. bei 0° u. 1 M. D.
Anfangsvolum nach Luftzusatz . .	20·42	647·9	490	20	12·67
Nach Kali	18·55	639·7	437	18·8	11·72

100 V. venöses Blut enthalten: auspumpbare Gase 41·62, davon 27·83 Kohlensäure, 12·61 Sauerstoff und 1·17 Stickstoff. Gebundene Kohlensäure = 1·67.

Zur Aschenanalyse wurden 68 CC. mit Säure versetztes Blut (47·23 CC. entsprechend) genommen. Auf 100 V. Blut Fe_2O_3 = 0·094; PO_5 = 0·107.

5. Versuch.

Das arterielle Blut wurde zuerst aufgefangen, die Färbekraft des venösen merklich stärker.

1. Arterielles Blut 52·40 CC.

	Volum	*Hg* Druck	W. Druck	Temp.	V. bei 0° u. 1 M. D.
Gesammtmenge der auspumpbaren Gase	31·16	717·8	465	15	21·83
Nach Kali	11·18	632	454	16	7·03

In's Eudiometer übergeführt:

	Volum	*Hg* Druck	W. Druck	Temp.	V. bei 0° u. 1 M. D.
Anfangsvolum	11·31	581	447	15·3	6·43
Nach Wasserstoffzusatz	41·15	700	443	15·6	28·01
Nach Verpuffung	19·07	576·8	443	15·7	10·97

Gebundene Kohlensäure:

	Volum	*Hg* Druck	W. Druck	Temp.	V. bei 0° u. 1 M. D.
Anfangsvolum nach Luftzusatz . .	22·26	672·5	465	15	14·64
Nach Kali	21·29	661·5	454	16	13·97

100 V. arterielles Blut enthalten: auspumpbare Gase 41·34, davon 28·02 Kohlensäure, 11·76 Sauerstoff und 1·66 Stickstoff, ausserdem 1·26 gebundene Kohlensäure.

2. Venöses Blut 58·96 CC.

	Volum	*Hg* Druck	W. Druck	Temp.	V. bei 0° u. 1 M. D.
Gesammtmenge der auspumpbaren Gase	35·59	724·5	464	15·1	25·15
Nach Kali	9·60	622·8	458	15·3	5·96

In's Exdiometer übergeführt:

	Volum	*Hg* Druck	W. Druck	Temp.	V. bei 0° u. 1 M. D.
Anfangsvolum	9·94	561·3	447	15·3	5·48
Nach Wasserstoffzusatz	44·14	618·2	443	15·6	26·62
Nach Verpuffung	20·77	576·8	443	15·7	11·69

Gebundene Kohlensäure:

	Volum	*Hg* Druck	W. Druck	Temp.	V. bei 0° u. 1 M. D.
Anfangsvolum nach Luftzusatz . .	23·87	650·6	464	15·1	15·19
Nach Kali	20·44	707·3	458	15·3	13·39

100 V. venöses Blut enthielten: 42·64 auspumpbare Gase; davon 32·53 Kohlensäure, 8·85 Sauerstoff, 1·25 Stickstoff. Ausserdem 3·06 gebundene Kohlensäure.

6. Versuch.

Der Hund wurde 3½ Stunde vor dem Versuche gefüttert und wie die Section nachher zeigte, war die Verdauung schon weit fortgeschritten und die Chylusgefässe stark angefüllt. Das Arterienblut wurde um einige Minuten später aufgefangen. In der Färbekraft beider Blutarten kein erheblicher Unterschied.

1. Arterielles Blut 57·98 CC.

	Volum	*Hg* Druck	W. Druck	Temp.	V. bei 0° u. 1 M. D.
Gesammtmenge der auspumpbaren Gase	34·92	727·9	431	15·4	23·68
Nach Kali	14·08	701	400	15·2	9·74

In's Eudiometer übergeführt:

	Volum	*Hg* Druck	W. Druck	Temp.	V. bei 0° u. 1 M. D.
Anfangsvolum	10·03	551	401	15·2	5·48
Nach Wasserstoffzusatz	43·66	707·8	394	15·4	29·91
Nach Verpuffung	24·28	677·5	392	14·8	15·03

Gebundene Kohlensäure:

	Volum	*Hg* Druck	W. Druck	Temp.	V. bei 0° u. 1 M. D.
Anfangsvolum nach Luftzusatz . .	17·65	664·1	431	15·4	10·39
Nach Kali	16·60	640·8	400	15·2	10·54

100 V. arterielles Blut enthielten: auspumpbare Gase 45·55, davon 26·80 Kohlensäure, 16·95 Sauerstoff und 1·80 Stickstoff. Gebundene Kohlensäure 0·67.

2. Venöses Blut 59·80 CC.

	Volum	*Hg* Druck	W. Druck	Temp.	V. bei 0° u. 1 M. D.
Gesammtmenge der auspumpbaren Gase	37·18	694·4	420	15·3	25·04
Nach Kali	11·44	608·5	406	15·2	6·96

In's Exdiometer übergeführt:

	Volum	*Hg* Druck	W. Druck	Temp.	V. bei 0° u. 1 M. D.
Anfangsvolum	12·80	557·5	401	15·2	6·96
Nach Wasserstoffzusatz	51·03	669·1	394	15·4	33·09
Nach Verpuffung	23·14	635	392	14·8	14·29

Gebundene Kohlensäure:

	Volum	*Hg* Druck	W. Druck	Temp.	V. bei 0° u. 1 M. D.
Anfangsvolum nach Luftzusatz . .	25·78	690·7	420	15·3	17·29
Nach Kali	23·91	692·4	406	15·2	16·35

100 V. venöses Blut enthalten: 41·87 auspumpbare Gase, davon 30·26 Kohlensäure, 10·46 Sauerstoff, 1·15 Stickstoff; gebundene Kohlensäure 1·57.

Zur leichteren Übersicht stelle ich jetzt die Resultate der ganzen Versuchsreihe tabellarisch zusammen, wobei alles auf 100 Volume Blut berechnet ist.

		Gesammtmenge auspumpbarer Gase bei 1M. *Hg* und 0° C.	Kohlensäure	Sauerstoff	Stickstoff	Gebundene Kohlensäure	Färbekraft	Eisen
1. Versuch	Arteriel. Blut	46·42	30·88	11·39	4·18	1·90	stärker	—
	Venöses „	37·01	29·82	4·15	3·05	5·49	—	—
2. „	Arteriel. „	—	29·45	—	—	2·92	kein Unterschied	—
	Venöses „	—	34·26	—	—	3·81		—
3. „	Arteriel. „	50·65	31·65	17·70	1·25	Spuren	—	0·080
	Venöses „	43·06	33·05	9·20	1·00	3·05	stärker	0·078
4. „	Arteriel. „	42·92	26·44	15·24	1·23	Spuren	stärker	0·100
	Venöses „	41·62	27·83	12·61	1·17	1·67	—	0·094
5. „	Arteriel. „	41·34	28·02	11·76	1·66	1·26	—	—
	Venöses „	42·64	32·53	8·85	1·25	3·06	stärker	—
6. „	Arteriel. „	45·55	26·80	16·95	1·80	0·67	kein Unterschied	—
	Venöses „	41·87	30·26	10·46	1·15	1·57		—

Diese Tabelle hat in so ferne ein hohes Interesse, als sie eine Vergleichung zulässt zwischen den Gasen der beiden Blutarten bei einem und demselben Thiere; es sind in dieser Beziehung die ersten Zahlenwerthe, welche nach einer zuverlässigen Methode gewonnen sind. Sie werden zu mancher interessanten Schlussfolgerung führen können: hier kann ich mich aber nur auf das einlassen, was mich nicht zu weit von dem Untersuchungsgegenstand ablenkt. Das arterielle Blut enthält also im Mittel auf 100 Volum. 5·5 CC. Sauerstoff mehr und 4·6 CC. Kohlensäure weniger als das venöse, ein Verhältniss, welches fast demjenigen gleich ist, welches man zwischen eingeathmetem Sauerstoff und ausgeathmeter Kohlensäure bei Fleischfressern findet. Was für uns aber von grösserem Interesse ist, sind die Zahlenwerthe der gebundenen Kohlensäure:

Es erweist sich als constant, dass die Menge der gebundenen Kohlensäure im venösen Blute beträchtlicher ist als im arteriellen, so dass im Mittel die Hälfte des Unterschiedes der Kohlensäure im

arteriellen und venösen Blute auf die gebundene Kohlensäure fällt. Diese Thatsache erhebt die Einwirkung der Lunge auf die Kohlensäureverbindungen zur Gewissheit, dabei lässt sie aber unentschieden, worin diese Einwirkung besteht.

III.

Obgleich die zuletzt angeführte Versuchsreihe die grössere Quantität der gebundenen Kohlensäure im venösen Blute als unabhängig von der Mischung aus Körperchen und Serum dargethan hatte, so schien es doch von Interesse noch die Gase des Serums zu untersuchen: um so mehr, da man noch ganz im Dunkel über diesen Gegenstand war. Zunächst ging ich darauf aus, die Gase des Gesammtblutes und des Serums, welches aus jenem Blute gewonnen war, zu vergleichen. Den Stoff zur Untersuchung verschaffte mir die folgende Einrichtung. Fig. 3. Der breite Boden *c* eines langen Cylinderglases *dd* war central durchbohrt; in die Öffnung war ein genau passendes Glasrohr eingelackt, dessen eine Mündung *c* in gleicher Ebene mit der inneren Bodenfläche lag, dessen andere *a* aber um mehrere Centimeter vom Boden emporstand, so dass auf dieses äussere Ende des Rohres ein Kautschukschlauch mit Klemme gesetzt werden konnte. Auf den Boden *c* war ausserdem ein weites aber kurzes Cylinderglas (ein abgesprengtes Trinkglas) aufgelackt, das als Quecksilberwanne dienen konnte. Die Mündung des langen Cylinders *dd* war mit einen zweimal durchbohrten Kork verschlossen; der Kork war sehr genau eingelackt und mit Siegellack überzogen. Durch die Bohrlöcher gingen zwei Glasröhren, eine *g* bis zur inneren Fläche des Korks, die andere *e* bis etwas über die halbe Höhe des Cylinders. Die beiden äusseren rechtwinklig umgebogenen Enden der Röhren *f* und *h* waren mit Kautschukschläuchen und Klemmen versehen. Der in dieser Weise vorgerichtete Cylinder hing in der gezeichneten Stellung in der Klammer eines starken Halters *ii* und tauchte mit seinem unteren Ende in eine mit Hg gefüllte Schale. Nachdem bei *h* ein langes Trichterrohr angesetzt war, wurde die Klemme bei *a* und vorübergehend auch die bei *f* gelichtet; nun konnte der Cylinder vollkommen mit Hg gefüllt werden. War dieses geschehen, so wurden alle Öffnungen geschlossen und die Mündung bei *f* mit der Cannüle in Verbindung gesetzt, welche aus einer Carotis eines sehr grossen Hundes kam. Nach

Lösung der Verschlüsse bei *f* und *h* drang das Blut sehr geschwind in den Cylinder, wobei durch den aufsteigenden Blutstrom eine gleichförmige Mischung erzielt wurde. Nachdem eine genügende Quantität Blut (ungefähr 800 CC.) eingeflossen war, wurde der Hund entfernt, bei *h* die Klemme geschlossen, dann in die Mündung bei *h* das hohe Trichterrohr eingesetzt und vorsichtig mit Hg gefüllt, zugleich brachte man über den Schlauch bei *f* das gewöhnliche mit Quecksilber gefüllte Glasgefäss zum Auffangen des Blutes an. Öffnete man jetzt die Klemme bei *h* und goss in den Trichter Quecksilber, so füllte sich der Blutrecipient mit Blut. Alle diese Handgriffe müssen rasch abgewickelt werden, damit sie vor Gerinnung des Blutes beendet sind.

Darauf wurden alle Klemmen des langen Cylinders geschlossen und derselbe in der gezeichneten Stellung in eine kleinere Schale voll Quecksilber übergeführt, die in einer grossen Zinktonne stand; hier angelangt, wurde der Cylinder rings mit Eis eingehüllt und während 24 Stunden sich selbst überlassen. Nach jener Zeit hatte sich im coagulirten Blute der Kuchen gesenkt und es stand ein sehr reines Serum über demselben. Dieses letztere war nun leicht in das beim Auspumpen verwendete Gefäss überzuführen. Zu dem Ende wurde der Cylinder vorsichtig aus dem Eis gehoben, der lange Trichter in die Öffnung bei *h* gesteckt, mit Hg gefüllt, dann wurde der mit Hg gefüllte Recipient über die Mündung bei *a* gestürzt, hierauf die Klemmen bei *h* und *a* geöffnet, so dass nun das in den Trichter nachgegossene Quecksilber das Serum in den Recipienten übertrieb.

Das Blut, welches unmittelbar nach dem Aderlasse aus dem langen Cylinder in den kalibrirten Recipienten gebracht war, wurde, nachdem es daselbst durch Schütteln entfaserstofft war, neben dem langen Cylinder in Eis gestellt und ebenfalls erst am andern Tage analysirt, so dass, wenn die Blutgase in der niederen Temperatur noch Veränderungen erlitten haben sollten, diese bei beiden Blutarten gemeinsam stattgefunden haben mussten.

1. Versuch.

Der Hund hatte vor dem Versuche eine starke Mahlzeit gehalten und darum hatte sich über dem schwach röthlichen Serum noch eine Fettschicht gesammelt.

Vom Blute wurde 56·59 CC. genommen.

	Volum	*Hg* Druck	W. Druck	Temp.	V. bei 0° u. 1 M. D.
Gesammtmenge der auspumpbaren Gase	34·61	706·2	397	16·2	23·58
Nach Kali	15·81	613.9	377	16	9·58

Gebundene Kohlensäure:

	Volum	*Hg* Druck	W. Druck	Temp.	V. bei 0° u. 1 M. D.
Anfangsvolum nach Luftzusatz . .	16·28	636·2	397	16·2	10·02
Nach Kali	14·59	634·6	377	16	9·12

Vom Serum wurde 59·29 CC. verwendet.

	Volum	*Hg* Druck	W. Druck	Temp.	V. bei 0° u. 1 M. D.
Gesammtmenge der auspumpbaren Gase	11·78	586·8	395	16·4	6·69
Nach Luftzusatz	19·83	632·2	391	16·5	12·09
Nach Kali	10·45	583	388	16	6·04

Gebundene Kohlensäure:

	Volum	*Hg* Druck	W. Druck	Temp.	V. bei 0° u. 1 M. D.
Anfangsvolum nach Luftzusatz . .	39·53	726·5	391	16·5	27·63
Nach Kali	19·78	696·4	388	16	13·54

100 V. Blut enthielten: auspumpbare Gase 41·48, davon 24·62 Kohlensäure; ausserdem 1·59 gebundene Kohlensäure.

100 V. Serum enthielten: auspumpbare Gase 11·28, davon 10·20 Kohlensäure und 23·77 gebundene Kohlensäure.

Aus diesem Versuch hatte sich allerdings ergeben, dass das Gesammtblut viel weniger gebundene Kohlensäure enthielt als das Serum, aber es war doch nicht wahrscheinlicher geworden, dass die gebundene Kohlensäure des Gesammtblutes allein aus dem Serum stamme, denn unter der Voraussetzung, dass die gebundene Kohlen-

säure dem Serum allein angehöre, hätte das Gesammtblut nur 15 Procent Serum enthalten, eine Annahme, die im vollen Widerspruche mit den am Blute selbst gemachten Beobachtungen über die Menge des abgeschiedenen Serums stand. Die Beobachtung galt um so mehr, als auch alle von Setschenow untersuchten Blutarten so wenig gebundene Kohlensäure gegeben hatten. Man musste also abnehmen, dass sich hier noch etwas anderes einmische, und der Gedanke lag nahe, dass die Blutkörperchen selbst eine austreibende Kraft auf die Kohlensäure ausübten. Diese Annahme sollte durch einen zweiten Versuch geprüft werden. Es wurde wieder wie das erste Mal Blut aufgefangen und nachdem sich das Serum abgesetzt hatte, wurden zwei Portionen von dem letzteren in zwei Blutgefässen aufgefangen; ausserdem hatte man noch in zwei andere eine gemessene Quantität Blut gesammelt. In der einen Portion Serum und Blut bestimmte man auf die gewöhnliche Art, sowohl die freie als gebundene Kohlensäure; bei der anderen Portion Serum bestimmte man, um die Identität beider Serumarten nachzuweisen, nur die freie Kohlensäure, darauf liess man das Blut zufliessen, pumpte wieder die Gase aus und bestimmte jetzt erst die chemisch gebundene Kohlensäure des Gemenges aus Blut und Serum. Das Verfahren war dabei folgendes: an den freien Hals der Kugel *A* Fig. 1 wurde mit einem Kautschuk ein T-förmiges Glasrohr, wie es die Figur bei *C* zeigt, angebunden; das mittlere Stück war mit der Kugel verbunden und an den Seiten hingen die Gefässe *b* und *b'* mit Serum und Blut durch Klemmen geschlossen; so konnte man die Flüssigkeiten im Apparat selbst mischen. Die Resultate des Versuchs waren folgende:

Die erste Portion Serum 52·47 CC.

	Volum	*Hg* Druck	W. Druck	Temp.	V. bei 0° u. 1 M. D.
Auspumpbare Gase	15·08	650·8	377	17	9·41
Nach Kali	1·91	523·3	368	18	0·98

Gebundene Kohlensäure:

	Volum	*Hg* Druck	W. Druck	Temp.	V. bei 0° u. 1 M. D.
Anfangsvolum	14·02	648·6	377	17	8·74

Nach Kali blieb nur eine unmessbare Spur.

Vom Blute wurden 54·50 CC. verwendet.

	Volum	*Hg* Druck	W. Druck	Temp.	V. bei 0° u. 1 M. D.
Gesammtmenge der auspumpbaren Gase	33·10	713·8	385	16·1	22·75
Nach Kali	14·00	638·7	359	19·1	8·70

Gebundene Kohlensäure:

	Volum	*Hg* Druck	W. Druck	Temp.	V. bei 0° u. 1 M. D.
Anfangsvolum nach Luftzusatz . .	10·11	640·2	385	16·1	6·25
Nach Kali	9·31	638·5	368	18	5·81

Die zweite Portion Blut betrug 57·87 und die zweite Portion Serum 52·62 CC.

	Volum	*Hg* Druck	W. Druck	Temp.	V. bei 0° u. 1 M. D.
Gesammtmenge der auspumpbaren Gase des Serum	15·77	673·4	374	17·2	10·18
Nach Kali	3·30	543·8	370	17·8	1·76

Die chemisch gebundene Kohlensäure:

	Volum	*Hg* Druck	W. Druck	Temp.	V. bei 0° u. 1 M. D.
Anfangsvolum nach Luftzusatz . .	14·10	650·8	374	17·2	8·81
Nach Kali	11·17	626·8	370	17·8	6·85

Zur Übersicht folgt die Tabelle, wobei alles auf 100 Volume berechnet.

	Gesammtmenge	Freie CO_2	Gebundene CO_2
Blut	41·74	25·78	0·81
Erste Portion Serum	17·93	16·06	16·65
Zweite „ „	—	16·00	—
Das Gemisch	—	—	1·77

Diese Resultate sind wohl ein schlagender Beweis, dass die Blutkörperchen dazu beitragen die Kohlensäure aus dem Blute auszutreiben. Diese Wirkung scheint aber nur bei einem sehr erniedrigten partiaren Druck einzutreten, denn sonst ist es nicht einzusehen, warum sie bei den Versuchen von Lothar Meyer ausblieb. In den Lungen ist aber der Kohlensäuredruck ein beträchtlicher und es werden also wohl noch andere Momente nöthig sein, um die Wirkung der Blutkörperchen zu unterstützen.

Hier will ich auf einiges aufmerksam machen, was mir bei den Versuchen von Interesse erschien. Beim Auspumpen verhalten sich die Gase des Blutes und des Serums ganz verschieden. Die Gase des Blutes entweichen sehr leicht; bei der vierten Auspumpung bekommt man gewöhnlich nichts mehr; für das Serum muss man 6 — 7mal das Vacuum erneuern, um es gasfrei zu bekommen. Was ich vom Blute sagte, gilt hauptsächlich für das arterielle; das venöse verhielt sich etwas verschieden, es ist auch schwerer auspumpbar. Da ich bei meinen zahlreichen Versuchen (wobei die Umstände immer identisch wurden) dies immer sich wiederholen sah, so muss ich es für ein von der Zusammensetzung der Blutarten abhängiges Phänomen halten.

Was die Frage anbelangt, in welchen Verbindungen die Kohlensäure im Blute und Serum enthalten ist, so fehlt noch manches, um sich davon volle Rechenschaft geben zu können; doch scheint mir für das Blut Folgendes höchst wahrscheinlich: der geringe Theil, welcher nur durch Säuren austreibbar ist, wird sich in der Form von einfach kohlensauren Alkalien im Blute vorfinden; von der auspumpbaren Menge würde ein Theil diffundirt, der andere und viel bedeutendere von $NaOCO_2$ und $2NaO, HO, PO_5$ zurückgehalten werden. Was das Serum anbelangt, so könnte man versucht sein auch den chemisch gebundenen Antheil als einfach kohlensaures Salz zu betrachten; doch stimmt dafür nicht die grosse Menge; wäre das der Fall, so müsste auch im Blute eine viel bedeutendere Menge von chemisch gebundener Kohlensäure gefunden werden. Mir scheint, dass auch hier nur ein geringer Theil sich in Form von einfach kohlensauren Alkalien vorfindet, und dass die Hauptrolle wieder das phosphorsaure Natron spielt, nur ist, da im Serum die austreibende Kraft der Blutkörperchen wegfällt, die Verbindung eine viel starrere. Man könnte dagegen die Versuche von Fernet anführen; er hat nämlich gefunden, dass das phosphorsaure Natron alle Kohlen-

säure im luftleeren Raume verliert; doch gilt dies nur für eine rein wässerige Lösung, es ist nicht unwahrscheinlich, dass im Blute (wegen seiner physikalischen oder anderen nicht näher zu bestimmenden Eigenschaften) die Verbindung noch schwerer sich aufheben lässt, wenigstens scheint dafür manches zu sprechen. Wenn man das Serum anfängt auszupumpen, so bekommt man beim ersten Auffangen eine bedeutende Quantität Gas, dann werden die Mengen immer geringer und geringer und man hat fast kein Kriterium um zu sagen, dass der Versuch beendigt ist (alles was man sagen kann ist, dass die Menge so klein ist, dass man sie nicht mehr auffangen kann). Es ist wohl denkbar, dass das erste ganze oder halbe Atom schwächer zurückgehalten wird als das zweite zuletzt zurückbleibende. Doch ist diese und manche andere Frage erst noch durch spätere Beobachtungen zu lösen. Gern würde ich dieses schon jetzt gethan haben, aber ich konnte es wegen Mangel an grossen Hunden nicht ausführen. Es muss überhaupt bemerkt werden, dass man oft mehrere Hunde opfern muss, bis ein Versuch gelingt: der Erfolg hängt ganz von der Coagulation des Blutes ab: nur selten zieht sich der Blutkuchen so gut zusammen, dass man eine genügende Quantität Serum gewinnen kann.

IV.

Aus den vorhergehenden Versuchen ersieht man, von welcher Wichtigkeit es wäre eine exacte Methode zu haben, um die Menge der diffundirten Kohlensäure im lebenden Blute zu bestimmen. Bis jetzt ist aber selbst der Versuch dazu nicht gemacht worden, und das ist leicht begreiflich, wenn man die Schwierigkeit der Untersuchung in's Auge fasst. Diese Schwierigkeiten liegen aber nicht im Principe, sondern in der Ausführung und hauptsächlich in den Eigenschaften des Blutes. Um die Menge eines bestimmten Gases zu finden, welche eine beliebige Flüssigkeit unter unbekanntem Druck aufgenommen hat, braucht man dieselbe nur mit einer anderen Gasart zu schütteln, die Temperatur und der Druck zu Ende des Versuches zu beobachten und die Zusammensetzung des rückständigen Gasgemenges bestimmen; kennt man den Absorptions-Coëfficienten, so kann man auch durch einfache Rechnung die Gesammtmenge des absorbirten Gases finden. Beim Blute lässt sich aber der Versuch nicht in einem Rohre ausführen, da dasselbe mit Quecksilber ein Magma bildet und dadurch

jede Ablesung unmöglich gemacht wird. Es muss also der Apparat so construirt werden, dass die Ablesung in einem zweiten Rohre (wohin kein Blut dringen kann) ausgeführt werden könne.

Der Apparat, der mir zu Gebote stand, bestand aus zwei genau graduirten und kalibrirten Glasröhren, die durch eine durchbohrte Metallfassung in ihren oberen Theilen mit einander communicirten (die Verbindung wurde während dem Schütteln durch einen Hahn aufgehoben). In das eine stärkere Rohr wurde über Quecksilber eine gewisse Quantität Luft und Blut eingeführt und dasselbe unten hermetisch geschlossen und darauf sowohl das obere wie das untere Niveau des Blutes abgelesen, dadurch erfuhr man auch das Gasvolum; das andere feinere Rohr diente sowohl zur Ausgleichung des Druckes nach jedem Schütteln und auch um die nöthigen Ablesungen zu machen; zu Ende des Versuches wurde durch dasselbe auch die zur Analyse nöthige Gasquantität gewonnen. Ich übergehe hier die Beschreibung der Details, da der Apparat schliesslich doch noch manche Unvollkommenheiten aufwies, welche erst noch verbessert werden müssen. Man könnte denken, dass mit diesem Apparat sich auch die Bestimmung des Absorptions-Coëfficienten des Blutes für Kohlensäure machen liesse: nimmt man nämlich zwei Quantitäten von demselben Blute und schüttelt mit ungleichen Luftmengen, so gewinnt man alle Daten um den Absorptions-Coëfficienten nach der Formel:

$$a = \frac{\frac{r'S'}{\varphi'} - \frac{rS}{\varphi}}{S - S'}$$

a = Absorptions-Coëfficient, φ und φ' Blutmengen,
r „ r' Gasvolumina,
S „ S' Druck,

durch einfache Rechnung zu finden. Betrachtet man aber die Formel etwas genauer, so sieht man leicht, dass die Bestimmung eine rein illusorische sein würde, da ein Fehler im Ablesen oder in der Analyse bis auf mehrere Hundertel seines Werthes vergrössert werden kann. Es bleibt also nichts übrig als den Absorptions-Coëfficienten des Blutes für Kohlensäure nach Lothar Meyer und Fernet aufzusuchen.

Nimmt man nun mit den beiden letzteren Beobachtern an, dass die Absorptions-Coëfficienten des Wassers und des Blutes für Kohlensäure gleich gross sind, so geht aus meinen vorläufigen Versuchen mit

dem obengenannten Verfahren mit Sicherheit hervor, dass die Menge der diffundirten Kohlensäure eine sehr geringe sei und nicht einmal die Zahlenwerthe, welche Lothar Meyer für die freie Kohlensäure erhalten, erreicht. Auch scheint es als ob die diffundirte Kohlensäuremenge des venösen Blutes nicht grösser als die des arteriellen ist. Diese Thatsachen sprächen ebenfalls für eine specifische Wirkung der Lunge bei der Athmung.